



Doctoral Thesis

Flow Sediment Interactions in Managed Rivers: Influence on Ecosystem Structure and Function

Author(s):

Martín Sanz, Eduardo Javier

Publication Date:

2017

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-b-000000140> →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

FLOW SEDIMENT INTERACTIONS IN MANAGED RIVERS: INFLUENCE ON ECOSYSTEM STRUCTURE AND FUNCTION



EDUARDO JAVIER MARTIN SANZ

DISS. ETH NO 24007
2017

DISS. ETH NO 24007

FLOW SEDIMENT INTERACTIONS IN MANAGED
RIVERS: INFLUENCE ON ECOSYSTEM
STRUCTURE AND FUNCTION

A thesis submitted to attain the degree of
DOCTOR OF SCIENCES of ETH ZURICH

(DR. sc. ETH Zurich)

Presented by

Eduardo Javier Martín Sanz

M.Sc. in Management and Restoration of Natural Environment,
University of Barcelona

Born on 23.10.1986
Citizen of Spain

Accepted on the recommendation of

PD Dr. Christopher T. Robinson
Prof. Dr. Jukka Jokela
Dr. Sonja Jähnig

2017

Summary

Flow and sediment regimes are two of the main abiotic factors driving riverine ecosystems, interacting at different temporal and spatial scales. These interactions have a strong influence on habitat composition, ecosystem processes and community composition. Nowadays, flow and sediment regimes are highly altered due to anthropogenic modifications of rivers and floodplains, such as dams or river channelization, which disrupt the main properties of both regimes. The primary goal of this thesis was to understand the role of flow and sediment interactions on ecosystem structure and function in managed rivers and evaluate different techniques that mitigate the impact of rivers regulation. Hyporheic sediment respiration, periphyton biomass and chlorophyll-a were used as indicators of ecosystem function, whereas macroinvertebrates assemblages were used as a structural indicator.

The first chapter studied the variability of different indicators of ecosystem structure and function under different flow and geomorphology conditions. The study took place in a section of the river Thur, where a widening restoration was implemented by removing 1 km of lateral protections. This widening section characterized by newly established habitats such as gravel bars is fringed upstream and downstream by channelized sections. Channelized sites showed higher rates of sediment respiration, periphyton and macroinvertebrates compared to restored sites. Restored sites showed a greater temporal and spatial variability in the measured indicators due to the influence of flow disturbance, which was lower in channelized sites. Overall, sediment respiration and macroinvertebrate richness were related to flow variability and geomorphology, whereas periphyton and macroinvertebrate density was influenced mainly by flow variability.

The second chapter investigated the influence of flow regulation (residual flows and hydropeaking) on aquatic life stages that can persist in sediments during dry phases (i.e. macroinvertebrate seedbanks). Gravel bars affected by hydropeaking showed greater densities of organisms due to the high frequency of inundations, which increased the drift of animals onto gravel bars. The opposite trend was found in residual flow rivers, where there is a lack of flood occurrence.

The third chapter assessed the ecological impact of a Sediment Bypass Tunnel, a structure that routes upstream sediment input around dams, reducing the accumulation of sediments in the dam. Operations of the tunnel create a general decrease in measured

indicators (sediment respiration, periphyton and macroinvertebrates), the decrease being related to the magnitude of flow and sediment released at the tunnel.

The fourth chapter described the interactions of flow and sediment inputs in two rivers with contrasting management programs (experimental floods and sediment bypass tunnel). Sediment lateral inputs caused local interactions with flow, generating morphological and biotic heterogeneity in the streambed, whereas upstream sediment inputs together with high flows by sediment bypass tunnel created a general decrease in biotic indicators in the system, reducing spatial variability.

The results from this thesis showed that each of the measured ecosystem properties is influenced in a specific way by flow-sediment interactions. The results indicated that different techniques can be used to mitigate the negative consequences of flow and sediment regime alterations on ecosystem functioning and structure, highlighting the important role of integrative objectives in river management.

Zusammenfassung

Das Abfluss- und das Sedimentregime eines Fließgewässers verbunden und gehören zu den wichtigsten abiotischen Faktoren, die Ökosysteme formen beide Regime sind miteinander zeitlich und räumlich verbunden. Hierdurch haben sie einen wesentlichen Einfluss auf die Habitatzusammensetzung, auf Ökosystemprozesse und auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaften. Aufgrund menschlicher Eingriffe wie dem Bauen eines Dammes oder der Korrektur eines Flusses sind beide Regime in Fluss- und Auenlandschaften heutzutage stark beeinträchtigt.

In diesem Zusammenhang war das Hauptziel dieser Arbeit, die Wechselwirkung von Abfluss- und Sedimentregimen auf Ökosystemstrukturen und -funktionen in regulierten Flüssen zu untersuchen sowie Ansätze und Techniken zu bewerten, die den negativen Einfluss der Regulierung mindern sollen. Als Indikatoren zur Charakterisierung von Ökosystemfunktionen dienten hierbei die Sedimentrespiration im Hyporheos sowie der benthische Algenaufwuchs inklusive dessen Chlorophyll-a-Gehalt. Als Indikator zur Bewertung der Ökosystemstruktur dienten Lebensgemeinschaften von Makroinvertebraten.

Das erste Kapitel dieser Arbeit beschäftigt sich mit der Variabilität der strukturellen und funktionellen Indikatoren bei unterschiedlichen morphologischen und Abflussbedingungen. Durchgeführt wurde diese Studie an der Thur, deren kanalisierter Flusslauf durch eine etwa ein Kilometer lange Aufweitungsstrecke (Entfernung der Seitendämme) unterbrochen wird. Im Gegensatz zur kanalisierten Strecke konnten sich in der Aufweitungsstrecke neue Habitate wie Kiesbänke bilden, die aufgrund der Abflussvariation ständigem Wechsel unterlegen sind. Im Vergleich zeigte die kanalisierte Strecke hinsichtlich Sedimentrespiration und benthischem Algenaufwuchs sowie Makroinvertebraten höhere Raten bzw. Abundanzen. Hingegen war die aufgeweitete Strecke aufgrund der grösseren abflussbedingten Störung durch eine erhöhte zeitliche und räumliche Variabilität in den oben genannten Parametern geprägt. Insgesamt wurden die Sedimentrespiration und die Anzahl der Makroinvertebratenarten wesentlich durch die Abflussvariabilität und die Flussmorphologie beeinflusst, wohingegen der benthische Algenaufwuchs und die Makroinvertebratendichte vornehmlich durch die Abflussvariabilität alleine gesteuert wurden.

Das zweite Kapitel untersuchte den Einfluss der Abflussregulierung (Restwasser und Schwall-Sunk) auf aquatische Lebensstadien derjenigen Makroinvertebraten, die während

Trockenphasen in Schotterbänken (Macroinvertebrate seedbanks) überdauern können. Schotterbänke, die durch Schwall-Sunk-Dynamiken ständigem aquatisch-terrestrischen Wechsel ausgesetzt waren, zeigten höhere Organismendichten aufgrund der hohen Überflutungsfrequenz, welche die Drift der Invertebraten auf die Schotterbänke erhöht. In der Restwasserstrecke, in der Wasserstandsschwankungen weitgehend fehlen, konnte ein entgegengesetzter Trend aufgezeigt werden.

Thema des dritten Kapitels war der ökologische Einfluss von Sedimentumleitstollen. Sedimentumleitstollen leiten Geschiebe aus dem Einzugsgebiet um den Damm herum, wodurch die Sedimentakkumulation im Stausee vermindert wird. Dieser Durchlass von Geschiebe und Abfluss führte generell zu einer Abnahme in allen gemessenen Indikatoren (Sedimentrespiration, Algenaufwuchs und Makroinvertebraten) in Abhängigkeit von der Stärke und Dauer der Abfluss- und Geschiebedurchleitung.

Im vierten Kapitel wurden die Wechselwirkungen von Abfluss- und Sedimenteintrag in zwei Flüssen mit unterschiedlicher hydromorphologischer Bewirtschaftung (experimentelle Hochwasser und Sedimentumleitstollen) untersucht. Die Sedimentzufuhr über Seitenerosion bei experimentellen Hochwassern verursachte eine morphologische und biotische Heterogenität im Flussbett, wohingegen Sedimentzugaben flussaufwärts über Sedimentumleitstollen generell zu einer Abnahme der biotischen Indikatoren im System sowie zu einer reduzierten räumlichen Variabilität führten.

Insgesamt zeigen die Resultate dieser Arbeit, dass jede der gemessenen Ökosystemeigenschaften in spezifischer Weise von den Interaktionen des Abfluss- und Sedimentregimes beeinflusst werden. Massnahmen zur Vermindeung den negativen Konsequenzen eines beeinträchtigten Abfluss- und Sedimentregimes auf Ökosystemsstrukturen und -funktionen können in verschiedener Weise angewandt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine integrative Sichtweise dieser Bewirtschaftungsformen.